

Egyetemi doktori (PhD) értekezés tézisei

**A MAGBANK ÉS A MAGVETÉS SZEREPE GYEPEK
DIVÁRZÍTÁSÁNAK HELYREÁLLÍTÁSÁBAN**

**THE ROLE OF SEED BANK AND SEED SOWING IN THE
RECOVERY OF GRASSLAND BIODIVERSITY**

Kiss Réka

Témavezető

dr. habil. Deák-Valkó Orsolya
egyetemi adjunktus



DEBRECENI EGYETEM
Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola
Debrecen, 2018

Bevezetés

A magbank szerepe a gyepregenerációban

A magok jelentős szerepet játszanak a növények életében elősegítve regenerációjukat és terjedésüket, kedvezőtlen körülmények között biztosítva a populációk túlélését és a genetikai variabilitás fennmaradását (Bossuyt & Honnay 2008). A talajfelszínre és a talajba jutó magvak, amelyek anyanövényüktől anyagcseréjükben függetlenedtek, csírázóképesek vagy ezt a képességüket a közeljövőben elnyerik képezik a talaj magbankot (Csontos 2001). Thompson et al. (1997) alapján a magbankot képező magok életképességük alapján két fő kategóriába sorolhatóak. A tranziens magok legfeljebb egy évig életképesek, ez idő alatt vagy kicsíráznak vagy elhalnak. Fásszárúak, specialista fajok valamint stabil élőhelyek fajai tartoznak ebbe a kategóriába (Bossuyt & Honnay 2008). A perzisztens magok életképességüket több éven keresztül megőrzik. Perzisztens magbankja a gyakran bolygatott területek fajainak valamint számos rövidéletű és gyomfajnak van (Török et al. 2009, Kiss et al. 2016).

A magbank vegetációdinamikában betöltött szerepe élőhelytípus-függő (Bossuyt & Honnay 2008). Közép-Európai gyepeket vizsgálva azt találtuk, hogy a legkisebb fajdiverzitása a szikes gyepeknek van, míg a legnagyobb diverzitása a löszgyepeknek (Kiss et al. 2016). A legkisebb magbank sűrűséggel a száraz gyepek és a meszes homoki gyepek rendelkeztek, míg szikes gyepek és láprétek esetében volt a legsűrűbb a magbank. Más élőhelyekhez viszonyítva gyepekben általában nagy a hasonlóság a vegetáció és a magbank fajösszetétele között (Hopfensperger 2007, Bossuyt & Honnay 2008). A gyepek közül a legnagyobb hasonlósági mutatóval a láprétek és meszes gyepek rendelkeztek, míg a legalacsonyabb hasonlóság a mészkedvelő gyepekben volt jellemző. A degradált, korábban mezőgazdasági művelésben hasznosított területeken volt a legkisebb a hasonlóság, legnagyobb a magsűrűség (Kiss et al. 2016).

A magbank kutatása információt szolgáltat a területek állapotáról, tájhasználati multjáról, klimatikus viszonyairól és a korábban a területen lévő közösségekről (Hong et al. 2012, Valkó et al. 2011). Szerepe lehet a restaurációban, bár szerepének mértéke vitatott téma a kutatók körében. Ha a bolygatás óta kevesebb, mint öt

év telt el, akkor a magbankra hagyatkozó spontán szukcesszió eredményes és elégséges lehet (Bossuyt & Honnay 2008). Hosszabb idő eltelte esetében aktív beavatkozásra lehet szükség (Bossuyt et al. 2006, Valkó et al. 2011).

A klímaváltozás során az előrejelzések alapján a hőmérséklet és a csapadékmennyiség is globálisan megváltozik. Az átlaghőmérséklet megemelkedik, a csapadékmennyiség pedig lecsökken főleg a száraz területeken és megnő főleg a nedves területeken (Stocker et al. 2013).

A megváltozott környezeti körülmények megváltoztatják a növényközösségeket. A fajok fenotipikus plaszticitásuk határain belül képesek pufferelni a változásokat (Valladares et al. 2007) illetve diszperzió révén magasabbra vagy észkabbra vándorolni (Walther et al. 2002). Azok a fajok, amelyek túl későn vagy túl lassan reagálnak a változásokra, kihalásra vannak ítélve. A legveszélyeztetettebbek a fragmentálódott élőhelyek fajai, valamint a szűk fenotipikus plaszticitású és a gyenge diszperziós képességű fajok (Thomas et al. 2004). Korábbi kutatások kimutatták, hogy a hőmérséklet- és csapadékmennyiség változás a dormanciára és csírázásra is kifejti hatásukat (Walck et al. 2011), valamint befolyásolhatják a magvak életképességét és a csiranövények életben maradását (Ooi 2012). Azonban a klímaváltozás magbankra gyakorolt hatása, a magbank változásokra adott válasza, puffereelő képessége és szerepe a klímaváltozás során a restaurációs folyamatokban nem ismert.

Propagulum- és mikroélőhely limitáció rekonstruált gyepekben

A gyepek számos növény- és állatfajnak adnak otthont, köztük endemikus és veszélyeztetett fajoknak is (Dengler et al. 2014). Jelentőségük ellenére területük és biodiverzitásuk világszinten csökken (Valkó et al. 2012), főleg a megváltozott tájhasználat (beszántás, felhagyás), a városiasodás és a fragmentáció következtében (Valkó et al. 2018, Deák et al. 2016a). A tájhasználat intenzitásának növekedése, a gyepek szántóföldi művelésbe vonása a területük csökkenéséhez vezetett (Deák et al. 2016a, Hüse et al. 2016), viszont a használat intenzitásának csökkenése is káros, hiszen a kezeletlen gyepek becserjésednek majd beerdősülnek (Wehn et al. 2017, Valkó et al. 2018).

A még meglévő gyepterületek védelmére és a fragmentáció csökkentésére a felhagyott mezőgazdasági területek restaurációja alkalmas, amelynek során ezeken a területeken másodlagos gyepek alakulnak ki. A restauráció végbemehet spontán szukcesszióval, ilyenkor a helyreállítás a meglévő magbankra valamint a szomszédos területekről történő diszperzióra hagyatkozik (Deák & Kapocsi 2010). A módszer hátránya a folyamat lassúsága (Ruprecht 2005), valamint az eredmény bizonytalansága, mivel legtöbbször a célfajok hiányoznak a magbankból viszont a gyomfajok jelentős magbankot halmozhatnak fel (Halassy 2001, Török et al. 2017). A folyamat aktív restaurációs beavatkozásokkal felgyorsítható és a megfelelő irányba mozdítható. Az aktív restaurációs eljárások egyik leggyakoribb módja a magvetés. Magvetés során alacsony diverzitású magkeveréket alkalmazva az egyszikű, vázalkotó (mátrix) fajokat juttatjuk a területre. Magas diverzitású magkeverékekkel gyepi célfajok juttathatók a gyepebe, amelyek növelik a terület diverzitását (Deák & Kapocsi 2010, Török et al. 2011). A restaurált gyepek fenntartásához további kezelések szükségesek. A leggyakrabban alkalmazott módszerek a kaszálás és a legeltetés (Kelemen et al. 2014), amelyek eredményesen használhatók az avar és biomassza felhalmozódás negatív hatásainak csökkentésére (Deák & Kapocsi 2010).

Az alacsony diverzitású magkeverékekkel restaurált gyepek sok esetben fajszegények, mivel a vetett mátrixfajok összefüggő, zárt gyepszőnyeget alakítanak ki, megakadályozva ezzel további fajok betelepődését (Török et al. 2010). A mikroélőhely-limitáció mellett a propagulum-limitáció is gátolja a kísérő fajok megtelepedését, ha a restaurált terület nagy kiterjedésű vagy a környező területekről hiányoznak a jó minőségű gyepek (Valkó et al. 2016).

Célkitűzések

A doktori dolgozat két fejezete nemzetközi folyóiratokban publikált eredményekre épül. Célunk, hogy megértsük a klímaváltozás magbankra gyakorolt hatását valamint megismerjük a magbank szerepét az élőhely-rekonstrukcióban a klímaváltozás tükrében. A dolgozat e mellett egy restaurációban alkalmazható új módszert is vizsgál, melynek segítségével a mikroélőhely- és propagulum-limitáció szüntethető meg. A dolgozat két fejezete a következőképpen épül fel.

I. fejezet. Áttekintő tanulmányunk célja a klímaváltozás direkt hatásainak, vagyis a megváltozó csapadékmennyiség és hőmérséklet magbankra kifejtett hatásának vizsgálata volt. E mellett a direkt változások miatt megváltozó zavarási rendszerek magbankra gyakorolt hatását is vizsgáltuk. Kérdéseink a következők voltak: (i) Hogyan változik a gyepek és vizes élőhelyek magbank sűrűsége és fajösszetétele a klímaváltozás hatására? (ii) Képes az őshonos fajok talaj magbankja pufferelni a klímaváltozás indirekt hatásait? (iii) Képes az őshonos fajok magbankja biztosítani a közösségek rezilienciáját és alapja lehet-e a jövőbeni restaurációs beavatkozásoknak?

II. fejezet. Egy új módszernek, a kolonizációs ablakoknak a hatékonyságát vizsgáltuk a Hortobágyi Nemzeti Park területén restaurált fajszegény szikes- és löszgyepek fajgazdagságának növelésében. Vizsgálatunk célja az volt, hogy megállapítsuk, képes-e a módszer megszüntetni a propagulum- és mikroélőhely limitációt. Kérdéseink a következők voltak: (i) Mely célfajok telepednek meg a legsikeresebben? (ii) Hogyan hat a kolonizációs ablakok mérete a gyom- és célfajok megtelepedési sikerességére? (iii) Milyen hatása van a kezelésnek a megtelepedésre, fajösszetételre és a közösségek fejlődésére?

Anyag és módszer

A magbank szerepe a változó éghajlati viszonyok között

Az ISI Thompsons Web of Knowledge adatbázis segítségével online elérhető, angol nyelvű szakirodalmat kerestünk nyílt élőhelyek magbank vizsgálatairól. Figyelembe vettünk minden vizsgálatot, amely a magbank restaurációban betöltött szerepét vizsgálta de figyelmen kívül hagytuk azokat a cikkeket amelyek nem közösségeket vizsgáltak, nem szolgáltattak kvantitatív vagy kvalitatív információt a magbank változásáról illetve nem voltak összefüggésben a klímaváltozás elsődleges hatásaival (hőmérséklet- és csapadékmennyiség változása) vagy olyan zavarásokkal (elárasztás, szárazság, tűz), amelyek erőssége, kiterjedése és gyakorisága változni fog a klímaváltozás hatására (másodlagos hatások). A vizsgálatban szereplő élőhelyeket földrajzi elhelyezkedésük és vízjárásuk alapján csoportosítottuk: (i) trópusi és szubtrópusi nedves gyepek, (ii) mérsékelt övi nedves gyepek, (iii) trópusi és szubtrópusi száraz gyepek, (iv) mérsékelt övi száraz gyepek. Stocker et al. (2013) előrejelzését használtuk a vizsgált területeken 2016-2035 közötti változások előrejelzésére.

Kolonizációs ablakok használata a biodiverzitás növelésére

2005-ben a Hortobágyi Nemzeti Park területén nagyszámú egykori szántóterületet restauráltak sziki- és lösz magkeverék vetésével (Török et al. 2010). Rövid idő alatt egybefüggő, egyszikűek dominálta gyeptakaró alakult ki, amely sikeresen visszaszorította a gyomfajokat, azonban a kialakult növényzet igen fajszegény volt. Nyolc gyepesített területen 2013 októberében kolonizációs ablakokat létesítettünk. A talajelőkészítést (ásás, kapálás, gereblyezés) követően 35 fajt tartalmazó diverz magkeveréket vetettünk 10 g/m² mennyiségben az ablakokba. A magokat kézzel, helyi állományokból gyűjtöttük. Területenként négy ablakot létesítettünk: (i) 1 m × 1 m legelt, (ii) 2 m × 2 m legelt, (iii) 4 m × 4 m legelt és (iv) 4 m × 4 m bekerített. A gyepesítést követő két év (2014, 2015) júniusában az ablakokban feljegyeztük az edényes növények százalékos borítási értékét. Az eredmények kiértékeléséhez *t*-tesztet, páros *t*-tesztet, kevert lineáris modellt és DCA ordinációt használtunk.

Eredmények

A magbank szerepe a változó éghajlati viszonyok között

A cikkek címének, kivonatának majd tartalmának alapos áttekintése után 42 cikk felelt meg a kritériumoknak; a továbbiakban ezekkel dolgoztunk. Az előrejelzések alapján a hőmérséklet 0,5-1,5°C közötti értékkel mindegyik vizsgált területen emelkedik. A csapadékmennyiség mintegy 10%-kal változik.

A trópusi és szubtrópusi nedves gyepekből négy vizsgálatot találtunk, amely a magbank és a klímaváltozás másodlagos hatásainak kapcsolatával foglalkozott. Minden vizsgált területen csapadékmennyiség növekedés várható. Az elárasztások gyakorisága, időtartama és erőssége is megnőhet, viszont ez nem hat negatívan a vizsgált nedves gyepek magbankjára, így az képes lehet a jelenlegi állapotot fenntartani. Emellett az elárasztás új élőhelyeket is teremt, ami kedvez a vizes élőhelyekre jellemző fajok megtelepedésének.

A mérsékelt övi nedves gyepekkel kapcsolatos legtöbb vizsgálatot kiszáradást és degradálódást követően restaurált, helyreállított vízállapotú újra elárasztott területeken végezték. A vizsgált területek közül kilenc esetben nő a csapadékmennyiség kettő esetben pedig csökken. A kiszáradás következtében a tipikus nedves gyepi fajok magbankja lecsökkent és új, szárazabb körülményekhez adaptálódott fajok magjai jelentek meg. A hidrológiai állapot javulása a növekvő csapadékmennyiség következtében, szükség esetén magvetéssel társítva, elősegítheti a nedves gyepek helyreállítását. A megemelkedett nedvességtartalom következtében kialakuló anoxiás állapot kedvezően hat a nedves gyepek fajaira, azonban a száraz körülményekhez adaptálódott fajokra káros. Az elárasztások homogenizálhatják a talaj magbank fajösszetételét, viszont extrém esetekben a magbank károsodhat is a magkimosódás miatt. Azokon a területeken azonban, ahol az elárasztások gyakorisága, erőssége és hossza lecsökken a kevesebb csapadékmennyiséggel, ellentétes hatásokra számíthatunk. Hosszú távon a magasabban fekvő árterek szárazodása a nedves gyepi fajok magbankjának csökkenését és a szárazgyepi fajok betelepülését vonja maga után. Számos vizes élőhelyen a természetes tüzek erősségének változása a csapadék- és vízszintváltozások miatt szintén kihat a magbank fajösszetételére és -sűrűségére. A nedves

gyepek esetében a perzisztens magbanknak jelentős szerepe lehet a változó hidrológiai állapotok kivédésében.

A vizsgált trópusi és szubtrópusi száraz gyepek egy részén nő a csapadékmennyiség, más részén pedig csökken. Egy vizsgálat kimutatta, hogy a csapadékmennyiség a legjelentősebb befolyásoló tényezője a fajgazdagság és magbank sűrűség változásának. A csapadékmennyiség változás a tüzek kialakulását, gyakoriságát és erősségét is befolyásolja. Egyes száraz gyepek és szavannák esetében a csapadék a legfontosabb limitáló tényező, amely befolyásolja a növények életciklusát, a biomassza felhalmozódás dinamikáját és a tüzek keletkezését. A közelmúltig a csapadékos időszak és a tüzek általában kiszámítható időközönként, periodikusan fordultak elő; ehhez alkalmazkodtak a tranziens magvú fajok is. A klímaváltozás azonban megváltoztatja a csapadék és a tüzek dinamikáját, így a tranziens fajok magbankja komoly károkat szenvedhet. Ezekben az ökoszisztémákban a tűz időzítése kifejezetten fontos. Bár a tűz és komponensei általában pozitív hatással vannak a magvak csírázására, egy nem megfelelő időben bekövetkező tűz lecsökkenti a magbank sűrűségét és fajgazdagságát is. A tűz a magbank összetételét is megváltoztatja, mint például a dél-amerikai caatinga vegetáció esetében, ahol növeli a kétszikű fajok arányát az egyszikű fajokkal szemben. Más, nem tűzfüggő ökoszisztémákban a tüzek elősegíthetik az invazív fajok terjedését is.

A mérsékelt övi száraz gyepek esetében négy tanulmány a klímaváltozás magbankra gyakorolt direkt hatásait vizsgálta. A vizsgálatok kimutatták, hogy a csapadékmennyiség a meghatározó tényezője a talaj magbank sűrűség változásának, csökkenése negatívan hat a sűrűségre, viszont növeli a hasonlóságot a magbank és vegetáció között. A csapadékmennyiség növekedése a magbanksűrűség növelése mellett a növényi biomassza mennyiségre is pozitívan hat, ez pedig a tüzek gyakoriságát, erősségét és kiterjedését határozza meg. Rövid távon a tűznek és komponenseinek pozitív hatásuk van a talaj-magbankra. A nem tűzfüggő ökoszisztémákban fontos a tüzek nagyon alacsony gyakorisága, azonban ez az alacsony gyakoriság tűzfüggő ökoszisztémákra negatív hatással lenne. A tűz gyakorisága mellett a tűz erőssége is jelentős szereppel bír, kis erősségű tűz általában pozitívan hat a magbankra. A túl gyakori és túl erős tüzek még a tűzfüggő ökoszisztémák esetében is negatívan hatnak a magbankra.

Kolonizációs ablakok használata a biodiverzitás növelésére

A vetést követő első évben 31, a második évben 34 vetett fajt találtunk a kolonizációs ablakokban. A két év során minden vetett fajt megtaláltunk legalább egy kolonizációs ablakban. A vetett fajokon kívül 114 további fajt jegyeztünk fel az ablakokban, amelyek közül 60 volt gyomfaj. Az első évben a leggyakoribb évelő gyomok a *Cirsium arvense* (5,4%) és a *Convolvulus arvensis* (5,0%) voltak, a leggyakoribb rövidéletű gyomok pedig a *Polygonum aviculare* (4,6%), *Setaria glauca* (2,7%), *Tripleurospermum perforatum* (1,3%) és *Bilderdykia convolvulus* (1,5%). A második évben a *Convolvulus arvensis* (3,2%), *Cirsium arvense* (2,9%) és *Taraxacum officinale* (2,5%) voltak a leggyakoribb évelő gyomok, míg a leggyakoribb rövidéletűek a *Capsella bursa-pastoris* (2,8%) és *Bromus tectorum* (1,0%).

A vetett fajok borítása pozitívan korrelált az évek között. A *Dianthus pottederae* borítása minden ablaktípusban megnőtt az első évről a másodikra. Más fajok (*Allium scorodoprasum*, *Centaurea sadleriana*, *Galium verum*, *Plantago media*, *Podospermum canum* és *Silene viscosa*) is növelték borításértéküket, viszont nem minden ablaktípusban. A *Carthamus lanatus* borítása csak a legelt ablakokban nőtt, míg az elkerítettben csökkent. Az *Aegilops cylindrica* borítása szignifikánsan csökkent a második évben az 1 m × 1 m-es legelt ablakokban és a 4 m × 4 m-es elkerített ablakokban. A DCA ordináció alapján az első év vegetációját főként rövidéletű, szikésekre jellemző vetett fajok alkották, míg a löszgyepi fajok és az évelők a második évre voltak jellemzőek.

Az ablakméret szignifikánsan befolyásolta a növényzet összborítását, a vetett fajok borítását valamint a vetett évelő fajok borítását is. A vetett fajok és vetett évelők a legnagyobb borítási értékeket mindkét évben a legnagyobb ablakokban érték el. A vetett évelő fajok borítása párhuzamosan növekedett a növényzet összborításával és a mátrix fajok borításával az első évről a másodikra. A gyomok borítása hasonló volt a különböző méretű ablakokban, csökkent az első évről a másodikra. A mátrix fajok jobban regenerálódtak a lösz magkeverékkel vetett területeken. A DCA ordináció alapján az ablakok fajösszetétele hasonló volt az első évben, míg a második évre a kisebb ablakok különbözőbbek, míg a nagyobb ablakok hasonlóbbak lettek egymáshoz.

A vetett fajok, a mátrix fajok és a gyomfajok borítása nem különbözött szignifikánsan a legelt és elkerített ablakok között. A legelés csak a teljes borítást csökkentette, míg a vetett vetett évelők borítására pozitívan hatott. A DCA ordináció alapján az elkerített ablakokat az első évben a rövidéletű szűrős vetett fajok jellemezték, míg a második évben a rövidéletű nem szűrős fajok. A legelt ablakokban az eltérés kisebb volt a két év között, mint az elkerített ablakokban.

Összefoglalás

Bár a klímaváltozás globális jelenség, a magbankra kifejtett hatása mindeztáig kevésbé volt kutatott és ismert. Vizsgálatunkban számos régióból találtunk kutatásokat amelyek a magbank és klímaváltozás kapcsolatához direkt vagy indirekt módon köthetőek, de ennek ellenére a kutatások száma igen kevés és nagyon sok területről és élőhelytípusból hiányoznak adatok. A vizsgálatok alapján a megváltozó csapadékmennyiség a változások fő tényezője, nem a hőmérséklet-emelkedés. Megállapítottuk ugyanakkor, hogy a klímaváltozás hatására jelentős, vissza nem fordítható változások mehetnek végbe a gyepek magbankjában, megváltozik a magbank fajösszetétele és sűrűsége. A magbank jelentős szerephez juthat a változó éghajlati viszonyok mellett a gyepi élőhelyek rekonstrukciójában. Azokon az élőhelyeken, mint például a nedves gyepek és árterek, ahol gyakori és periodikus zavarások jellemzőek, a perzisztens magbank a megváltozott zavarási rendszerben is képes lehet biztosítani az élőhely regenerációját. Ezzel szemben a történetileg stabil élőhelyeken, ahol a zavarások ritkák voltak, a legtöbb faj csak tranziens magbankkal rendelkezik, így a klímaváltozás hatására megváltozott zavarási rendszerek okozta változásokat a magbank nem képes pufferni. Ezekben az esetekben aktív beavatkozásra van szükség az élőhelyek helyreállítása során, ilyenkor azonban ajánlott olyan őshonos fajokat használni, amelyek már képesek elviselni a megváltozott körülményeket.

A disszertáció második felében egy új módszer, a kolonizációs ablakok alkalmazhatóságát vizsgáltam a fajszegény gyepek fajgazdagságának növelésére. A zárt gyeptakaró feltörésével kolonizációs ablakokat létesítettünk ahová magas-diverzitású magkeveréket szórtunk. A talaj előkészítése sikeresen csökkentette a mikroélőhely-limitációt, míg a magas-diverzitású magkeverék vetése a propagulum-limitációt szüntette meg. Az ablakokban sikeresen megtelepedtek a vetett fajok és sikeresen visszaszorították a gyomfajokat is. A vetett fajok nagyobb borításértékeket értek el a nagyobb méretű ablakokban. A legeltetés már az ablakok létrehozását követő első évben alkalmazható kezelés, a legelő állatok az új mikroélőhelyek kialakításában és a propagulumterjesztésben játszanak fontos szerepet.

Új tudományos eredmények

1. Rámutattam a magbank szerepére a klímaváltozást követő gyepregenerációban. A klímaváltozás hatására megváltozik a hőmérséklet és a csapadékmennyiség, de e mellett a bolygatások időzítése, erőssége és gyakorisága is. Eredményeim alapján a csapadékmennyiség változás a magbank változás fő tényezője.
2. A magbank képes bizonyos mértékig pufferelni a változásokat és így a restauráció alapja lehet a természetes zavarásokkal érintett élőhelyeken. A jelenleg stabil, kevésbé zavart élőhelyek viszont mindenképpen aktív restaurációs beavatkozást igényelnek.
3. Javasoljuk a jelenlegi restaurációs projekteknél az olyan őshonos fajok használatát, amelyek képesek szembenézni az előrejelzett változásokkal.
4. Keveset tudunk arról, hogy hogyan hat a klímaváltozás a jelenlegi növényközösségek magbankjára és arról is, hogy milyen mértékben képes a magbank pufferelni a klímaváltozás hatására megváltozott körülményeket. Mindezek miatt célzott vizsgálatok szükségesek, hogy megértsük a klímaváltozás elsődleges és másodlagos hatásainak jelentőségét a gyepi élőhelyek magbank dinamikájában.
5. Kimutattuk, hogy a kolonizációs ablakok hatásosak a mikroélőhely- és propagulum-limitáció megszüntetésében, így hatékonyan használhatóak a fajszegény gyepek restaurálására.
6. A magas diverzitású magkeverékek hatékonyan alkalmazhatóak fajgazdagság növelésére különböző tulajdonságú területeken.
7. A nagyobb méretű kolonizációs ablakok a leghatékonyabbak, mivel stabil vegetációfejlődéssel jellemezhetőek valamint a célfajok is itt érték el a legnagyobb bortási értékeket.
8. Eredményeink alapján a legelés már az első évtől alkalmazható kezelési módszer, mivel a legelő állatok új mikroélőhelyeket hozhatnak létre és a célfajok terejéséhez is hozzájárulhatnak.

Köszönetnyilvánítás

Első sorban szeretném megköszönni a támogatást, útmutatást és a hasznos tanácsokat témavezetőmnek, Deák-Valkó Orsolyának, aki nélkül ez a dolgozat nem jöhetett volna létre. Továbbá hálás vagyok a hasznos tanácsokért és segítségért Deák Baláznak, Tóthmérész Bélának és Török Péternek. Köszönöm a segítséget munkatársaimnak, Lukács Katalinnak, Tóth Katalinnak, Sonkoly Juditnak, Radócz Szilviának és Godó Laurának, akikkel az elmúlt időszakban együtt dolgozhattam. Hálás vagyok továbbá Kelemen András, Miglécz Tamás, Tóth Mária, Tóth Edina és Balogh Nóra munkám során nyújtott segítségért valamint Kapocsi Istvánnak, Anita Kirmernek, Sabine Tischewnek és Mathias Stollenek a hasznos tanácsokért. Köszönet Kelbert Bernadett, Süveges Kristóf, Lovas-Kiss Ádám és Gál Lajos terepi munkában nyújtott segítségéért. Kösznöm továbbá a támogatást a Tempus Közalapítványnak, a Balassi Intézet Márton Áron Szakkollégiumának és az Universitas Alapítványnak. A restaurációs projekt megvalósulását a német *“Large-scale grassland restoration: the use of establishment gaps and high diversity seeding by the knowledge transfer of regional seed propagation to Hungary (ProSeed)”* projekt támogatta. A kutatási eszközök és helyszín biztosításáért az MTA-DE Biodiverzitás Kutatócsoportnak, valamint az OTKA PD 111807, NKFI FK 124404 és NKFI KH 126476 pályázatoknak tartozom hálával.

Introduction

Role of seed bank in buffering climate change effects in grasslands

Seeds are crucial parts of the life cycle of vascular plants, securing their dispersal and regeneration, buffering the negative effects of unfavourable environmental conditions and enabling the conservation of genetic variability of the populations over time (Bossuyt & Honnay 2008). Seeds which originate from natural sources and are independent from their mother plant in their metabolic activities, able or in the future obtaining the ability to germinate form the soil seed bank (Csontos 2001). The seeds forming the soil seed bank can be categorized into transient and persistent categories based on their viability in the soil (Thompson et al. 1997). Transient seeds maintain their viability maximum a year after ripening, in which period they either germinate or die. Woody species, specialists and species of stable habitats generally have transient seeds (Bossuyt & Honnay 2008). Species which produce seeds viable for more than one year form the persistent seed bank. Species of unstable and frequently disturbed habitats and also many annuals, short-lived and ruderal species have persistent seeds (Török et al. 2009).

The seed bank composition of different grassland types can change between large ranges. In our review of Central European seed bank studies we found the lowest species diversity in alkaline and calcareous grasslands while the highest in loess grasslands (Kiss et al. 2016). Seed density is the lowest in xerothermic grasslands and calcareous sand grasslands, while the highest is in alkaline grasslands and fen meadows. Areas in primary succession stage are also characterized by low seed bank density (Marcante et al. 2009, Kiss et al. 2016). The vegetation of a particular area can be largely different from the soil seed bank of the same area. Grasslands in general have high similarity index (Hopfensperger 2007, Bossuyt & Honnay 2008), compared to other habitat types. In Central Europe former agricultural lands show the lowest similarity. Considering semi-natural grasslands the lowest similarity between seed bank and vegetation was found in limestone grasslands, the highest in fen meadows and calcareous grasslands (Kiss et al. 2016).

The role of seed banks is crucial in the dispersal of species in time and space and the conservation of genetic variability of the

populations (Hong et al. 2012). Seed bank studies provide information about the former land use practices, communities, environmental and climatic conditions (Valkó et al. 2011) and about present and past degradation level of site (Hong et al. 2012). The role of soil seed bank in habitat restoration is controversial. When degradation occurred less than five years ago studies claim that spontaneous recovery can be based on soil seed bank (Bossuyt & Honnay 2008). Other studies state that seed bank alone is not enough to restore grasslands and so active restoration measures are needed (Bossuyt et al. 2006, Valkó et al. 2011).

Climate change has global effects, changing environmental conditions, but the level of changes is still unsure although many studies aimed to predict future climate. Precipitation and temperature patterns will change worldwide, resulting in temperature increase and the 'wet-get-wetter' and 'dry-get-drier' effect occurring globally (Stocker et al. 2013). Extreme weather conditions may occur more often (Stocker et al. 2013).

Plant communities will experience great changes. Migration poleward or toward higher altitudes is forecasted (Walther et al. 2002), but plant phenotypic plasticity will also have importance in buffering changes to some extent (Valladares et al. 2007). Those species, which could not cope with changing climate or adaptation is too slow may become extinct in local, regional or even global scale (Thomas et al. 2004). The extinction threatens more species with low dispersal ability and species inhabiting fragmented landscapes. According to Thomas et al. (2004) the highest extinction is expected in scrublands, the lowest in grasslands and steppes. Thuiller et al. (2005) claimed that the most vulnerable are the mountain habitats while the least vulnerable are the southern Mediterranean and a part of Pannonian regions of Europe. Changes in temperature and precipitation regimes will have a great effect on seed dormancy break and germination, being driving factors of them (Walck et al. 2011) and also in seed longevity and seedling recruitment (Ooi 2012). However it is still a question, whether and to what extent can the seed bank buffer the forecasted climatic changes, and how can it be used for restoration.

Establishment windows – A tool to enhance grassland biodiversity

Grasslands harbour high plant and animal species diversity, including endemic and endangered species and are often considered as biodiversity hotspots (Dengler et al. 2014). Despite the importance of the grassland habitats their area shows a declining trend due the changes in land use and management practices (Valkó et al. 2018, Deák et al. 2016a). The cessation of management leads to secondary shrubland formation and woody encroachment (Wehn et al. 2017). Not only abandonment but also the intensification of agricultural practices results in the loss of grassland area (Foley et al. 2005). Both too less or too much management results in the fragmentation of grasslands (Deák et al. 2016b, Pullin et al. 2009).

Conserving the remaining grasslands and connecting them by restoring abandoned agricultural lands is highly important. The restoration can rely on spontaneous succession, based on the local seed bank, seed rain and dispersal from adjacent vegetation (Török et al. 2017). But in this case succession is generally slow (Ruprecht 2005) mainly because of the sparse soil seed bank of target species (Kiss et al. 2016) and also the result is unpredictable because of the presence of unwanted, ruderal or invasive species in the seed bank (Halassy 2001). To facilitate grassland recovery, one of the most frequently used active restoration methods is seed sowing. Using low-diversity seed mixtures the matrix species can be introduced to the site, while with high-diversity seed mixtures the target species are introduced to the site to increase species diversity (Török et al. 2011). The management of grasslands continues after the sowing with specific post-restoration management to maintain the site in good condition (Kelemen et al. 2014). Mowing and grazing are widely used methods to neutralize the negative effects of accumulated litter and biomass (Valkó et al. 2012, Tälle et al. 2016). Restored grasslands are generally species-poor, characterised by a dense ward of sown grasses and only a few subordinate species. Besides microsite-limitation due to fast growing and closed canopy, propagule limitation of target species due to the lack from surrounding vegetatio are the main obstacles in formation of species-rich grasslands in restored sites (Moore & Elmendorf 2006, Kelemen et al. 2014). With proper management activities these obstacles can be eliminated.

Aims of the study

The aim of the dissertation was to test the effects of propagule availability on restoration success, by studying the role of seed bank in grassland recovery and the possibilities to overcome propagule and microsite limitation. The Ph.D. dissertation contains two chapters, each based on results published in impacted papers of the author. The two chapters concern with different aspects of grassland restoration and management as follows.

Chapter 1. Our aim was to review studies which examined soil seed bank of grasslands and wetlands across the world and link them to climate change so we can make conclusions regarding the potential effects of climate change on the soil seed bank. We reviewed studies which examined the first- and second-order effects (inundation, flooding, fire, drought) of climate change on soil seed bank to evaluate the potential of soil seed bank in buffering climatic changes. Our questions were the following: (i) How will the seed bank density and species composition of grasslands and wetlands change due to the climatic changes? (ii) Can the soil seed bank of native species buffer the second-order effects of climate change? (iii) Is the native soil seed bank able to support the resilience of actual grassland and wetland communities and also to be the basis of future restoration activities? We also aimed to identify knowledge gaps and to highlight the importance of seed bank studies for incorporating native soil seed bank in conservation and restoration projects in changing climate.

Chapter 2. In the second study, we tested a novel method to overcome propagule and microsite limitation for restoring the diversity of species-poor grasslands. The aim of the study was to examine the effectiveness of the establishment windows to introduce new, characteristic species to the previously restored species-poor alkaline and loess grasslands in the Hortobágy National Park, East-Hungary. Our questions were the following: (i) Which target species can establish more successfully? (ii) How does the size of establishment windows affect the establishment success of target species and weeds? (iii) How do management types (grazing or non-grazing) affect the species establishment, species composition and community development in establishment windows?

Material and methods

Role of seed bank in buffering climate change effects in grasslands

We used ISI Thompsons Web of Knowledge to search online articles about restoration and seed bank of open habitats. We screened papers by title and abstract for detailed evaluation and included studies which analyzed the first- (temperature and precipitation changes) and second-order effect of climate change (drought, flooding and fire) on communities seed bank. We excluded papers without information about quantitative or qualitative changes of seed bank. We used the forecasted climate change scenarios for 2016-2035 time period published by Stocker et al. (2013).

Establishment windows – A tool to enhance grassland biodiversity

In the Hortobágy National Park former croplands were restored in 2005 by sowing alkaline or loess grass seed mixtures (Török et al. 2010). The developed dense canopy of sown grasses successfully suppressed weed species, but the cover and number of target forb species remained low. In October 2013 we created establishment windows in eight sites. Soil was prepared by digging, rotary hoeing and raking, then high-diversity seed mixture containing seeds of 35 species was sown at a rate of 10 g/m². Seeds were collected from local alkaline and loess grasslands. We had three different window sizes: (i) 1 m × 1 m, (ii) 2 m × 2 m and (iii) 4 m × 4 m. We used two types of 4 m × 4 m windows, a fenced one to prevent grazing and an extensively grazed one (0.5 LU/ha) along with smaller windows. We recorded the percentage cover of vascular plants in the windows in June 2014 and 2015. Differences in cover scores of sown species between years were compared with paired *t*-tests. We tested the effect of window size, year, vegetation type and site and also the effect of management type, year, vegetation type and site on vegetation characteristics in 4 m × 4 m windows with linear mixed-effect models. With DCA ordination we compared the species composition of the differently sized grazed windows and also the species composition of grazed and non-grazed windows.

Results

Role of seed bank in buffering climate change effects in grasslands

After a detailed evaluation we considered 42 studies fitting our selection criteria. We categorized the habitats into four categories according to their geographic position and moisture: (i) tropical/subtropical wetlands, (ii) temperate wetlands, (iii) tropical/subtropical grasslands and (iv) temperate grasslands.

According to the forecasted models, the temperature is going to increase by 0.5-1.5° C worldwide. In tropical and subtropical wetlands (represented by four studies) the precipitation is forecasted to increase by 10 %, which may increase the frequency, duration or severity of inundations. In the studied flood-dependent ecosystems soil seed bank will not suffer critical damages, these wetland ecosystems can maintain their current species composition. Besides, gap formation due to inundations also favours the increase of wetland area.

Out of the studied temperate wetlands, increased precipitation is predicted in nine, decreased precipitation is forecasted in two sites. The studied wetlands experienced drying outs, decreased water level and therefore degradation in the past, after which restoration by rewetting was conducted in them. The seed bank of specific wetland species decreased in these wetlands and other species of drier conditions entered the soil seed bank, but rewetting and seed addition can still help recovering these sites. In two study sites rewetting would be enough for wetland restoration without further species introduction. Increased precipitation will benefit wetland species seeds which tolerate anoxic conditions compared to the seeds of dry grasslands species. Flooding may also lead to the homogenization of soil seed bank species composition. Extreme flooding events can be destructive by decreasing the species richness and density of seeds and removing the seeds of plant species. Decreasing precipitation level may change the frequency and durability of flooding events and in the long run results in a decrease in seed bank density in higher-elevated flood meadows. Here persistent seed banks may have crucial importance in buffering variable hydrological conditions. Fire severity changes due to

precipitation and water-level changes may also affect seed bank species richness and seed density in fire-prone swamps.

In tropical and subtropical grasslands both precipitation increase and decrease is predicted. A direct study conducted in a tropical dry scrubland demonstrates the importance of proper amount of precipitation to increase species richness and seed density. The changes in precipitation level may also lead to changes in fire regimes by altering available fuel amount and ignition parameters. Some dry grasslands and savannas can be characterized by predictable precipitation dynamics. In such ecosystems, transient species are well adapted to the current conditions but they may not be able to cope with the effects of the predicted climatic changes. The timing of fires in such ecosystems has a crucial importance. In sites where disturbance is unpredictable persistent seed bank has increased importance. Fire components can have a positive effect on seed germination. Increased rainfall or fire activity is an important driver of increased soil seed bank expression in tropical savannas located in the outer parts of the continents. Fire may also lead to the dominance of unwanted, exotic species by supporting them and not native species. The juxtaposition of fire events and seed rain may determine the vegetation formation and further fire disturbance events. Fire may change soil seed bank composition of caatinga vegetation in South-America by reducing seed density and species richness of soil seed bank, especially the grass species seed bank. The recovery of soil seed bank takes some years, so increased fire frequency may lead to fundamental changes. Changes in precipitation regimes may lead to changes in plant phenology.

In temperate grasslands, there were some studies that investigated the effect of direct climate manipulation treatments on the soil seed bank. The effect was found to be only minor in one study, but experiments also proved that water deficit affects negatively soil seed bank density and positively the similarity between seed bank and vegetation. Studies also proved that open microsites are more affected by drought and warming than microsites under shrub canopy. Increased precipitation level also increases seed bank density and plant biomass production. Wildfires and human-induced fires will change in frequency, intensity and durability. In the short term fire has positive effect on soil seed bank composition and also fire components individually have positive

effects on soil seed bank. In non-fire-adapted ecosystems the fire frequency may remain low otherwise may negatively affect the soil seed bank. In fire-prone ecosystems low precipitation level and so low fire frequency may decrease seed density and species richness of soil seed bank. Seed germination may also decrease with decreasing fire frequency, but, as previously, increased fire frequency may also be detrimental for soil seed bank. Low fire severity is favourable for seed bank formation. Fire can also act as a driver of community diversity by creating microsite for germination and establishment of species.

Establishment windows – A tool to enhance grassland biodiversity

All sown species were present in at least one of the establishment windows in one of the years. In the first year we detected 31, in the second year 34 sown species in total. Out of the 114 unsown species detected in the two years 60 were weeds. In the first year the most common perennial weeds were *Cirsium arvense* (5.4%) and *Convolvulus arvensis* (5.0%), while the most common short-lived weeds were *Polygonum aviculare* (4.6%), *Setaria glauca* (2.7%), *Tripleurospermum perforatum* (1.3%) and *Bilderdykia convolvulus* (1.5%). In the second year *Convolvulus arvensis* (3.2%), *Cirsium arvense* (2.9%) and *Taraxacum officinale* (2.5%) were the most common perennial weeds while the most common short-lived weeds were *Capsella bursa-pastoris* (2.8%) and *Bromus tectorum* (1.0%).

The cover of sown species showed strong positive correlation between the years. The frequency of sown species was also positively correlated between years. The cover of *Dianthus pontederiae* increased from the first year to the second in all window types. *Allium scorodoprasum*, *Centaurea sadleriana*, *Galium verum*, *Plantago media*, *Podospermum canum* and *Silene viscosa* increased their cover in at least one type of window. *Carthamus lanatus* had increased cover in grazed windows and decreased cover in fenced 4 m × 4 m windows. The cover of *Aegilops cylindrica* decreased significantly in the second year in the 1 m × 1 m grazed and in the 4 m × 4 m fenced windows. According to the DCA ordination the vegetation was different in the two years. Most species were plotted toward the second year. The first year's vegetation was characterised by short-lived sown species typical to alkaline grasslands, while

loess species and almost all perennial species were characteristic for the second year.

Window size had a significant effect on the total vegetation cover, the cover of sown species and the sown perennial species. In both years the highest cover of sown species and sown perennial species was detected in the largest windows. The cover of sown perennial species increased alongside with the total vegetation cover and the cover of matrix grasses cover from the first year to the second one. The cover of weeds was similar in the differently sized windows but decreased from the first year to the second one. According to the DCA ordination species composition of different window sizes was similar in the first year. In the second year similarity decreased in the smallest windows and increased in the larger windows. Species composition between years was more similar in larger windows than in the smallest ones. Only vegetation type affected the cover of matrix grasses, which reached a higher cover in restored loess grasslands.

The total sown species cover, the cover of matrix grasses and cover of weeds was not significantly different between grazed and ungrazed windows, grazing only reduced the total vegetation cover and increased the cover of sown perennials. According to the DCA ordination fenced windows in the first year were characterised by short-lived prickly sown species, while in the second year by sown short-lived non-prickly species. The species composition of the grazed plots showed lower dissimilarity than the fenced plots in the second year.

Conclusions

Although climate change is a worldwide phenomenon, the effect of climate change on soil seed bank is a rarely studied topic. In our systematic review, we found studies from all continents however many regions lack studies. We found that first- or second-order effects of climate change can result in major changes to the seed bank of wetlands and grasslands. The direct climate-manipulation experiment proved that precipitation is the main changing force and not the temperature increase. Soil seed bank of historically stable habitats will undergo greater changes than sites with harsh and unpredictable environmental conditions. Native species adapted to disturbances and to the unpredictable availability of resources will tolerate better climatic changes. Disturbed habitats, like flooded wetlands and fire-prone ecosystems, will be the ones that are able to regenerate from the persistent seed bank. Relatively stable habitats like non-fire-prone temperate grasslands are less likely to cope with the changing climate and cannot buffer climatic changes. Both increased and decreased disturbance severity and frequency result in directional and irreversible changes of species composition and density of the soil seed bank. Restoration of grasslands and wetlands can be based on passive recovery in case of historically disturbed habitats or on active restoration by the introduction of native species that tolerate forecasted climatic changes in stable habitats.

We developed a new method for increasing the species richness of species-poor grasslands, and studied its success in the second chapter of the PhD dissertation. We disturbed the closed grass sward by creating establishment windows, where we sowed high-diversity seed mixture. Establishment windows increased successfully species diversity in species-poor sown grasslands. Disturbance by soil preparation increased microsite availability and by sowing high-diversity seed mixtures multiple species propagules could be introduced to the target area. Sown species established successfully in the establishment windows, especially in larger ones and suppressed successfully weedy species. Grazing animals create new microsites and can disperse target species propagules. Our study suggests that establishment windows can be used together with grazing even starting from the first year after the creation of windows.

New scientific results

1. We revealed the existence of a huge knowledge gap about the first- and second-order effects of climate change on the present soil seed banks and the ability of species seed bank to buffer these changes.
2. Climate change will not only change the temperature and precipitation regimes but also will affect the intensity, duration and frequency of disturbances, such as fires and flooding events. Precipitation regime changes will be the driver of seed bank changes.
3. In our review we found that soil seed bank can buffer the effect of climate change to some extent and can be a proper source for the recovery of historically unstable habitats. However, historically stable habitats will require active restoration.
4. We suggest to consider the predicted climate changes in present restoration projects and to prioritize the introduction of native species that can tolerate the predicted climatic changes.
5. We found that establishment windows are efficient in increasing microsite availability and decreasing propagule limitation. Thus, they can be successfully used for increasing the diversity of species-poor restored grasslands.
6. High-diversity seed mixtures containing propagules of multiple species is an efficient method for introducing target native species to sites with different environmental conditions.
7. Larger establishment windows were the most successful, they were characterised by a stable vegetation development, and target species reached the highest cover there.
8. We found that grazing is a proper management tool already in the first year because grazing animals can open new microsites and can disperse target species propagules.

Acknowledgements

I am really grateful to my supervisor dr. O. Valkó for her help and useful advice both in field and laboratory work, publishing, statistics and for the continuous support and encouragement in my work. I would also like to express my gratitude to B. Deák, B. Tóthmérész and P. Török for their help in field and laboratory work and publishing. I am grateful for the help and support for my colleagues K. Lukács, K. Tóth, J. Sonkoly, Sz. Radócz, L. Godó, with whom I worked together for years. I am thankful for the help in fieldwork and laboratory work for A. Kelemen, T. Migléc, M. Tóth, E. Tóth and N. Balogh. I thank I. Kapocsi, A. Kirmer, S. Tischew and M. Stolle for the useful advices and the assistance in fieldwork for B. Kelbert, K. Süveges, Á. Lovas-Kiss and L. Gál. I thank the support for the Tempus Public Foundation (TPF), for the Balassi Intézet-Márton Aron Szakkollégium and for the Universitas Alapítvány. The restoration project was supported by the German Federal Environmental Foundation (DBU) *“Large-scale grassland restoration: the use of establishment gaps and high diversity seeding by the knowledge transfer of regional seed propagation to Hungary (ProSeed)”*. The help of grants (OTKA PD 111807, NKFI FK 124404, NKFI KH 126476) and the MTA-DE Biodiversity and Ecosystem Services Research Group in providing research facilities are gratefully acknowledged.

Irodalom – References

- Bossuyt, B., Butaye, J. and Honnay, O. (2006) Seed bank composition of open and overgrown calcareous grassland soils – A case study from Southern Belgium. *Journal of Environmental Management* **79**:364–371
- Bossuyt, B., Honnay, O. (2008) Can the seed bank be used for ecological restoration? An overview of seed bank characteristics in European communities. *Journal of Vegetation Science* **19**:875–884
- Csontos, P. (2001) A természetes magbank kutatásának módszerei. Scientia Kiadó, Budapest.
- Deák, B., Kapocsi, I. (2010) Természetvédelmi célú gyepesítés a gyakorlatban: mennyibe kerül egy hektár gyep? *Tájökológiai Lapok* **8**:395–409
- Deák, B., Valkó, O., Török, P., Tóthmérész, B. (2016a) Factors threatening grassland specialist plants – A multi-proxy study on the vegetation of isolated grasslands. *Biological Conservation* **204**:255–262
- Deák, B., Tóthmérész, B., Valkó, O., Sudnik-Wójcikowska, B., Bragina, T.-M., Moysiyenko, I., Apostolova, I., Bykov, N., Dembicz, I., Török, P. (2016): Cultural monuments and nature conservation: The role of kurgans in maintaining steppe vegetation. *Biodiversity & Conservation* **25**:2473–2490
- Dengler, J., Janišová, M., Török, P., Wellstein, C. (2014) Biodiversity of Palaearctic grasslands: a synthesis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **182**:1–14
- Foley, J.A., De Fries, R., Asner, G.P., Barford, C., Bonan, G., Carpenter, S.R., Chapin, F.S., Coe, M.T., Daily, G.C., Gibbs, H.K., Helkowski, J.H., Holloway, T., Howard, E.A., Kucharik, C.J., Monfreda, C., Patz, J.A., Prentice, I.C., Ramankutty, N., Snyder, P.K. (2005) Global consequences of land use. *Science* **309**:570–574
- Halassy, M. (2001) Possible role of the seed bank in the restoration of open sand grassland in old fields. *Community Ecology* **2**:101–108

- Hong, J., Liu, S., Shi, G., Zhang, Y. (2012) Soil seed bank techniques for restoring wetland vegetation diversity in Yeyahu Wetland, Beijing. *Ecological Engineering* **42**:192–202
- Hopfensperger, K. N. (2007) A review of similarity between seed bank and standing vegetation across ecosystems. *Oikos* **116**:1438–1448
- Hüse, B., Szabó, Sz., Deák, B., Tóthmérész, B. (2016) Mapping ecological network of green habitat patches and their role in maintaining urban biodiversity in and around Debrecen city (Eastern Hungary). *Land Use Policy* **57**:574–581
- Kelemen, A., Török, P., Valkó, O., Deák, B., Miglécz, T., Tóth, K., Ölvedi, T., Tóthmérész, B. (2014) Sustaining recovered grasslands is not likely without proper management: vegetation changes and large-scale evidences after cessation of mowing. *Biodiversity & Conservation* **23**:741–751
- Kiss, R., Valkó, O., Tóthmérész, B., Török, P. (2016) Seed bank research in Central-European grasslands – An overview. In: Murphy, J. (ed.): *Seed Banks: Types, Roles and Research*. Nova Science Publishers pp. 1–34
- Marcante, S., Schwenbacher, E., Erschbamer, B. (2009) Genesis of a soil seed bank on a primary succession in the Central Alps (Otztal, Austria). *Flora* **204**:434–444
- Moore, K.A., Elmendorf, S.C. (2006) Propagule vs. niche limitation: untangling the mechanisms behind plant species' distributions. *Ecology Letters* **9**:797–804
- Ooi, M.K.J. (2012) Seed bank persistence and climate change. *Seed Science Research* **22**:53–60
- Pullin, A. S., Báldi, A., Can, O.E., Dieterich, M., Kati, V., Livoreil, B., Lövei, G., Mihók, B., Nevin, O., Selva, N., Sousa-Pinto, I. (2009) Conservation focus on Europe: Major Conservation policy issues that need to be informed by conservation science. *Conservation Biology* **23**:818–824
- Ruprecht, E., (2005) Secondary succession in old-fields in the Transylvanian Lowland (Romania). *Preslia* **77**:145–157
- Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (2013) *Climate Change 2013: The Physical Science Basis Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*.

- Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom & New York, NY, USA
- Tälle, M., Deák, B., Poschlod, P., Valkó, O., Westerberg, L., Milberg, P. (2016) Grazing vs. mowing: A meta-analysis of biodiversity benefits for grassland management. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **222**:200–212
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.N.F., de Siqueira, M.F., Grainger, A., Hannah, L., Hughes, L., Huntley, B., van Jaarsveld, A.S., Midgley, G.F., Miles, L., Ortega-Huerta, M.A., Townsend Peterson, A., Phillips, O.L., Williams, S.E. (2004) Extinction risk from climate change. *Nature* **427**:145–148
- Thompson, K., Bakker, J.P., Bekker, R.M. (1997) The soil seed banks of North West Europe: Methodology, density and longevity. Cambridge, Cambridge University Press.
- Thuiller, W., Lavorel, S., Araújo, M.B., Sykes, M.T., Prentice, I.C. (2005) Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **102**:8245–8250
- Török, P., Matus, G., Papp, M. and Tóthmérész, B. (2009) Seed bank and vegetation development of sandy grasslands after goose breeding. *Folia Geobotanica* **44**:31–46
- Török, P., Deák, B., Vida, E., Valkó, O., Lengyel, Sz., Tóthmérész, B. (2010) Restoring grassland biodiversity: Sowing low diversity seed mixtures can lead to rapid favourable changes. *Biological Conservation* **148**:806–812
- Török, P., Vida, E., Deák, B., Lengyel, Sz., Tóthmérész, B. (2011) Grassland restoration on former croplands in Europe: an assessment of applicability of techniques and costs. *Biodiversity & Conservation* **20**:2311–2332
- Török, P., Kelemen, A., Valkó, O., Miglécz, T., Tóth, K., Tóth, E., Sonkoly, J., Kiss, R., Csecserits, A., Rédei, T., Deák, B., Szűcs, P., Varga, N., Tóthmérész, B. (2017) Succession in soil seed banks and implications for restoration of calcareous sand grasslands. *Restoration Ecology*
- Valkó, O., Török, P., Tóthmérész, B., Matus, G. (2011) Restoration potential in seed banks of acidic fen and dry-mesophilous meadows: Can restoration be based on local seed banks? *Restoration Ecology* **19**:9–15

- Valkó, O., Török, P., Matus, G., Tóthmérés, B. (2012) Is regular mowing the most appropriate and cost-effective management maintaining diversity and biomass of target forbs in mountain hay meadows? *Flora* **207**:303–309
- Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kirmer, A., Tishew, S., Kelemen, A., Tóth, K., Migléc, T., Radócz, Sz., Sonkoly, J., Tóth, E., Kiss, R., Kapocsi, I., Tóthmérés, B. (2016) High-diversity sowing in establishment gaps: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity. *Tuexenia* **36**:359–378
- Valkó, O., Tóth, K., Kelemen, A., Migléc, T., Sonkoly, J., Tóthmérés, B., Török, P., Deák, B. (2018) Cultural heritage and biodiversity conservation – Plant introduction and practical restoration on ancient burial mounds. *Nature Conservation* **24**:65–80
- Valladares, F., Gianoli, E., Gómez, J.M. (2007) Ecological limits to plant phenotypic plasticity. *New Phytologist* **176**:749–763
- Walck, J.L., Hidayati, S.N., Dixon, K.W., Thompson, K., Poschlod, P. (2011) Climate change and plant regeneration from seed. *Global Change Biology* **17**:2145–2161
- Walther, G.R., Post, E., Convey, P., Menzel, A., Parmesan, C., Beebee, T.J., Fromentin, J.-M., Hoegh-Guldberg, O., Bairlein, F. (2002) Ecological responses to recent climate change. *Nature* **416**:389–395
- Wehn, S., Taugourdeau, S., Johansen, L., Hovstad, K. A. (2017) Effects of abandonment on plant diversity in semi-natural grasslands along soil and climate gradients. *Journal of Vegetation Science* **28**:838–847



Nyilvántartási szám: DEENK/121/2018.PL
Tárgy: PhD Publikációs Lista

Jelölt: Kiss Réka

Neptun kód: PAB5C8

Doktori Iskola: Juhász-Nagy Pál Doktori Iskola

MTMT azonosító: 10055367

A PhD értekezés alapjául szolgáló közlemények

Idegen nyelvű, külföldi könyvrészletek (1)

1. Kiss, R., Valkó, O., Tóthmérész, B., Török, P.: Seed bank research in Central-European grasslands: An overview.
In: Seed Banks: Types, Roles and Research / Janice Murphy, Nova Science Publishers, New York, 1-34, 2016. ISBN: 9781536104073

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

2. Kiss, R.: A talaj-magbank szerepe a magyarországi növényközösségek dinamikájában és helyreállításában = The role of soil seed bank in restoration and dynamics of Hungarian plant communities.
Kölköb. 21 (1), 116-135, 2016. ISSN: 1219-9672.
DOI: <http://dx.doi.org/10.17542/21.116>

Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (2)

3. Kiss, R., Deák, B., Török, P., Tóthmérész, B., Valkó, O.: Grassland seed bank and community resilience in a changing climate.
Restor. Ecol. [Epub], [10], 2018. ISSN: 1061-2971.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12694>
IF: 1.724 (2016)
4. Valkó, O., Deák, B., Török, P., Kirmer, A., Tischew, S., Kelemen, A., Tóth, K., Migléc, T., Radócz, S., Sonkoly, J., Tóth, E., Kiss, R., Kapocsi, I., Tóthmérész, B.: High-diversity sowing in establishment gaps: a promising new tool for enhancing grassland biodiversity.
Tuexenia. 36, 359-378, 2016. ISSN: 0722-494X.
DOI: <http://dx.doi.org/10.14471/2016.36.020>
IF: 1.325





További közlemények

Magyar nyelvű könyvrészletek (1)

5. Kiss, R.: Magbank-vizsgálatok Magyarországon.

In: Fiatal tudomány, tudományunk fiataljai a Kárpát-medencében. Szerk.: Bodó Barna, Szoták Szilvia, Balassi Int. Márton Á. Szakkollégium : Külgazdasági és Külügyminisztérium, Budapest, 511-523, 2017, (Határhelyzetek, ISSN 2064-3918 ; 9.) ISBN: 9786155389610

Magyar nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (3)

6. Kiss, R., Lukács, K., Godó, L., Radócz, S., Körmöczi, Z., Tóth, K.: A fitomassza szerepe a Létavértesi Falurét fajgazdagságának fenntartásában.

Gyepgazdálk. Közl. 15, 23-28, 2017. ISSN: 1785-2498.

7. Varga, K., Kiss, R.: Gyeprekonstrukció fű-és kétszikű magkeverékek vetésével.

Gyepgazdálk. Közl. 14 (1), 61-67, 2016. ISSN: 1785-2498.

8. Radócz, S., Sonkoly, J., Tóth, E., Kiss, R., Tóth, K.: Gyepesített területek fajgazdagságának növelése kolonizációs ablakok segítségével.

Gyepgazdálk. Közl. 12, 49-55, 2014. ISSN: 1785-2498.

Idegen nyelvű tudományos közlemények hazai folyóiratban (1)

9. Török, P., Tóth, E., Tóth, K., Valkó, O., Deák, B., Kelbert, B., Bálint, P., Radócz, S., Kelemen, A., Sonkoly, J., Migléc, T., Matus, G., Takács, A., Molnár, V. A., Süveges, K., Papp, L., Papp, L. J., Tóth, Z., Baktay, B., Málnási Csizmadia, G., Oláh, I., Peti, E., Schellenberger, J., Szalkovszki, O., Kiss, R., Tóthmérész, B.: New measurements of thousand-seed weights of species in the Pannonian flora.

Acta Bot. Hung. 58 (1-2), 187-198, 2016. ISSN: 0236-6495.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1556/034.58.2016.1-2.10>





Idegen nyelvű tudományos közlemények külföldi folyóiratban (1)

10. Török, P., Kelemen, A., Valkó, O., Migléc, T., Tóth, K., Tóth, E., Sonkoly, J., Kiss, R., Csecserits, A., Rédei, T., Deák, B., Szűcs, P., Varga, N., Tóthmész, B.: Succession in soil seed banks and its implications for restoration of calcareous sand grasslands. Restor. Ecol. [Epub], [7], 2017. ISSN: 1061-2971.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/rec.12611>
IF: 1.724 (2016)

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora: 4,773

A közlő folyóiratok összesített impakt faktora (az értekezés alapjául szolgáló közleményekre):
3,049

A DEENK a Jelölt által az iDEa Tudóstérbe feltöltött adatok bibliográfiai és tudánymetriai ellenőrzését a tudományos adatbázisok és a Journal Citation Reports Impact Factor lista alapján elvégezte.

Debrecen, 2018.04.27.

